

Teknik Reduksi Energi pada Perancangan Data Logger Parameter Matahari

M. Ikhsan¹ dan Yuwaldi Away²

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala

²Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111

e-mail: m.ikhsan.yusuf@gmail.com

Abstrak—Penelitian ini membahas teknik penghematan energi dalam perancangan piranti *data logger* berbasis mikrokontroler AVR untuk pemantau parameter matahari, yakni temperatur udara dan intensitas sinar matahari pada spektrum cahaya tampak. Teknik reduksi energi ini merangkumi aspek perangkat keras seperti penggunaan sistem minimum dan pengendalian catu daya perangkat pelengkap, serta modifikasi perangkat lunak menggunakan *sleep-mode*. Ketika intensitas cahaya matahari meningkat maka pin interrupti mengaktifkan sistem, sebaliknya apabila intensitas cahaya menurun maka sistem akan memasuki keadaan *sleep-mode*. Konsumsi energi listrik data logger terus dipantau dan direkam pada memori eksternal (SD card) secara *real-time* agar energi yang digunakan selama 24 jam dapat diketahui dan pemakaian energi jangka panjang dapat diprediksi. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan diketahui bahwa dibutuhkan energi sebesar 8,23 Wh untuk menghidupkan piranti *data logger* selama 24 jam. Dengan menerapkan teknik yang diusulkan, konsumsi energi *data logger* dapat direduksi hingga mencapai 68,5%.

Kata kunci: *data logger, penghematan energi, matahari, sleep-mode, interupsi*

Abstract—The research discusses about the energy saving techniques in the design of data logger devices based on AVR microcontroller for monitoring parameters of the air temperature and sunlight intensity in the visible light spectrum. These energy reduction techniques include hardware aspects such as the use of the minimum system, peripherals power supply control and software such as *sleep-mode*. When the intensity of sun light increases, the interrupt pin will activate the system, otherwise the system is in a state of *sleep-mode*. The electrical energy consumption of the data logger is continuously observed and recorded on an external memory (SD card) in real-time as so the 24 hours energy consumption can be known and the long-term-used energy can be predicted. Based on the results of measurements and calculations it is known that it takes energy of 8.23 Wh to turn the data logger for 24 hours. With this reduction technique, the data logger energy consumption can be reduced by 68.5%.

Keywords: *data logger, energy saving, sun, sleep mode, interrupt*

I. PENDAHULUAN

Data logger merupakan suatu instrumen elektronik yang memiliki kemampuan untuk membaca besaran pada alam (misal temperatur, kecepatan angin, kadar gas, arus dan tegangan listrik, dsb) yang dibaca oleh sensor elektronik maupun elektromekanik, kemudian menuliskan nilai besaran yang terbaca tersebut ke dalam memori. Perekaman dapat dilakukan dalam rentang waktu tertentu, baik harian, bulanan, bahkan tahunan dengan waktu *sampling* yang dapat diatur [1]. Jumlah sensor yang digunakan akan bergantung terhadap kemampuan perangkat keras yang digunakan, jika *data logger* tersebut memiliki *single-channel* maka hanya dapat digunakan untuk satu jenis pengukuran, apabila *multichannel* maka dapat digunakan untuk membaca beberapa besaran secara bersamaan.

Dalam perkembangannya *data logger* terbagi menjadi dua jenis yaitu *data logger* konvensional dan *data*

logger berbasis komputer [2]. *Data logger* konvensional merupakan suatu instrumen pengukuran dan perekaman yang dapat berdiri sendiri (*stand-alone*) serta menggunakan memori internal dari mikroprosesor yang digunakan. Visualisasi, analisis, maupun penyimpanan data secara permanen dapat dilakukan pada komputer dengan cara memindahkan data yang telah direkam terlebih dahulu. *Data logger* berbasis komputer (atau lebih dikenal dengan istilah *data acquisition*) merupakan *data logger* yang telah terintegrasi dengan komputer, kinerjanya dapat meningkat seiring perkembangan teknologi prosesor komputer, data dapat disimpan pada *hard drive* dan visualisasi dilakukan dengan memanfaatkan layar monitor komputer. Beberapa keuntungan yang bisa didapatkan adalah:

- Visualisasi dapat dilakukan secara *real-time* dan bersamaan dengan perekaman data,
- Analisis dapat dilakukan sejalan dengan perekaman data,
- Penyimpanan data dapat dilakukan dalam skala

Terabyte, dan

- Memiliki konektivitas jaringan.
Namun apabila dibandingkan dengan *data logger* konvensional maka muncul beberapa kekurangan, diantaranya adalah:
- Sulit untuk dipasang secara *stand-alone* karena membutuhkan perangkat komputer dan berdimensi besar, dan
- Konsumsi energi yang relatif jauh lebih besar.

Isu energi dalam teknologi instrumen elektronik menjadi sangat penting untuk diperhatikan [3,4] mengingat peralatan ini harus dioperasikan sepanjang hari tanpa henti selama rentang waktu yang panjang [5]. Jika ketersediaan energi listrik tidak mencukupi kebutuhan *data logger* maka sangat besar kemungkinan untuk tidak terekamnya data penting yang diharapkan.

Kebutuhan energi listrik *data logger* pada dasarnya dapat diatasi melalui pendalaman pemahaman terhadap prinsip konservasi energi, dengan demikian suplai energi listrik yang tersedia hanya benar-benar digunakan untuk kebutuhan yang diperlukan serta dimanfaatkan secara efisien dan rasional [6].

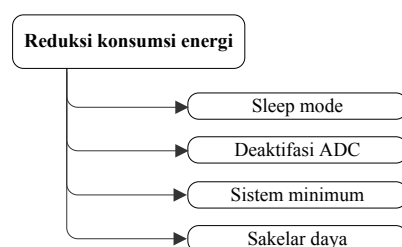
Dalam penelitian ini dibahas mengenai konservasi atau penghematan energi yang ditujukan untuk aplikasi *data logger* temperatur dan intensitas cahaya. Strategi penghematan energi dilakukan mulai dari tahap desain hingga pengoperasian perangkat lunak maupun perangkat keras. Penelitian ini juga ditujukan untuk memprediksi konsumsi energi listrik pada suatu desain *data logger* sehingga penentuan kapasitas penyimpanan energi yang dibutuhkan selama rentang waktu tertentu dapat diketahui.

II. METODE

A. Reduksi Konsumsi Energi

Beberapa metode yang dapat diterapkan pada sistem *data logger* untuk mereduksi konsumsi daya terangkum sesuai Gambar 1.

Pembuatan purwarupa pada umumnya dilakukan dengan memanfaatkan *development board*, namun konsumsi energi dapat dikurangi apabila purwarupa dirancang pada sistem minimum. Sistem minimum mikroprosesor hanya terdiri dari komponen penting yang dibutuhkan untuk menghidupkan mikroprosesor misalnya kristal dan regulator tegangan input, sedangkan sistem non-minimum pada umumnya memiliki LED indikator ataupun chip antarmuka USB yang dapat memperbesar



Gambar 1. Metode untuk mereduksi konsumsi energi

konsumsi energi.

Secara perangkat lunak, konsumsi energi mikroprosesor juga dapat direduksi dengan menggunakan perintah-perintah khusus, salah satunya adalah perintah *sleep* [7]. ATmega328P memiliki beberapa mode perintah *sleep*, dan *SLEEP_MODE_PWR_DOWN* merupakan mode yang paling besar dalam memberikan penghematan energi. Selain penggunaan *sleep-mode*, mematikan fungsi ADC internal serta mengkonfigurasi pin *output* dalam kondisi LOW juga dapat menghemat pemakaian energi [8].

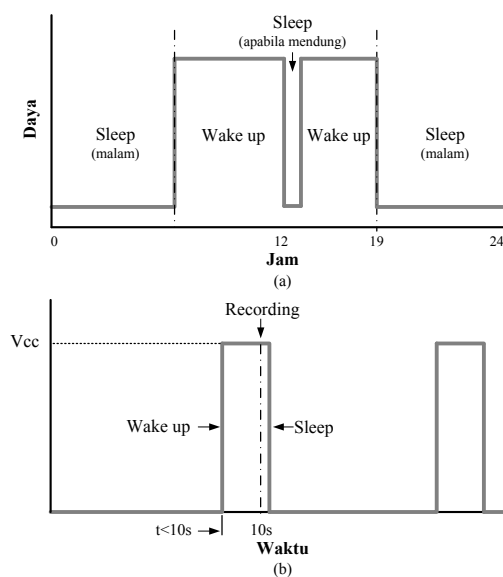
Dari segi perangkat keras, selain penggunaan sistem minimum, konsumsi energi dapat diminimalisasi dengan cara mengendalikan jalur catu daya untuk peralatan tambahan (misalnya perangkat RTC, slot memori eksternal, sensor dsb). Pengendalian dapat dilakukan dengan memanfaatkan pin digital, apabila dibutuhkan daya yang lebih besar maka pin digital tersebut dapat dikolaborasi dengan transistor.

B. Strategi Pada Perangkat Lunak

Penghematan konsumsi daya dapat dilakukan dengan mengimplementasikan *sleep-mode* pada *data logger*. Ketika *sleep-mode* diaktifkan, modul-modul yang tidak diperlukan di dalam mikrokontroler akan nonaktif.

Dalam desain *data logger* ini *sleep-mode* dilakukan pada dua fase, yakni fase malam dan fase siang. Kedua fase ini dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2(a). Pada fase malam, mulai pukul 17.00 hingga terbit matahari, *data logger* diset untuk memasuki *sleep-mode* secara total. Pada fase siang, *data logger* akan memasuki *sleep-mode* ketika parameter intensitas cahaya matahari sangat minim, misalnya ketika cuaca mendung.

Selain saat minimnya intensitas cahaya, *sleep-mode* ketika fase siang juga dapat dilakukan pada sela-sela waktu sebelum *sampling data* dieksekusi, seperti diilustrasikan



Gambar 2. Reduksi konsumsi energi dengan *sleep-mode* (a) pada fase siang dan malam (b) pada sela-sela fase siang

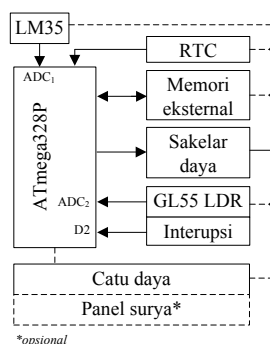
pada Gambar 2(b) dengan ketentuan sebagai berikut:

- Sebelum waktu *sampling* tercapai, *data logger* berada pada status *sleep-mode*, apabila waktu untuk melakukan *sampling* data sudah dekat maka *data logger* akan keluar dari *sleep-mode*, dan
- Setelah *sampling* selesai perintah *sleep-mode* dapat dieksekusi kembali.

Agar *data logger* dapat kembali *wake up* pada fase siang maka *watchdog timer* (WDT) menjadi solusi yang lebih baik untuk diaplikasikan dibandingkan dengan pemakaian interupsi eksternal, hal ini dikarenakan WDT tidak membutuhkan rangkaian/komponen tambahan sedangkan interupsi eksternal membutuhkan beberapa komponen tambahan, misalnya kombinasi kapasitor dan resistor sebagai penentu konstanta waktu. Dalam desain ini WDT diset untuk membangunkan *data logger* 8 detik setelah perintah *sleep-mode* dipanggil.

C. Konfigurasi Perangkat Keras Data Logger

Data logger yang didesain dalam penelitian ini memiliki konfigurasi seperti pada Gambar 3. Sistem *data logger* dikontrol secara penuh oleh mikroprosesor ATmega328P. mikroprosesor ini sudah dilengkapi dengan konverter sinyal analog ke digital (ADC) sehingga tidak diperlukan penambahan ADC eksternal. Dua buah sensor analog diaplikasikan pada *data logger* ini, LM35 digunakan untuk mendeteksi temperatur udara akibat dari panas sinar matahari, sedangkan sensor cahaya GL55 digunakan untuk mendeteksi intensitas radiasi sinar matahari pada spektrum sinar tampak. Data pembacaan kedua buah sensor kemudian diubah menjadi angka digital dan disimpan pada memori eksternal, penyimpanan data tidak dilakukan pada memori internal ATmega328P karena keterbatasan kapasitas yang tersedia. Agar setiap data yang direkam dapat dianalisis berdasarkan waktu kejadiannya maka pengintegrasian *Real Time Clock* (RTC) perlu dilakukan. Seperti telah dibahas sebelumnya, *data logger* pada penelitian ini dirancang untuk bekerja selama adanya sinar matahari dan berhenti bekerja ketika parameter matahari sangat minim. Agar penghematan konsumsi energi lebih optimal maka digunakan sakelar daya yang berfungsi memutuskan pasokan daya untuk komponen RTC, memori eksternal, dan sensor yang



Gambar 3. Konfigurasi perangkat keras *data logger*

digunakan. Untuk kebutuhan tersebut maka konfigurasi perangkat keras seperti Gambar 4(a) dapat digunakan, MOSFET akan memberikan aliran daya yang lebih besar kepada peralatan setelah diaktifkan menggunakan pin digital terlebih dahulu.

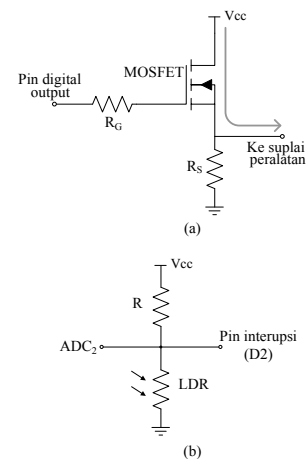
Khusus untuk interupsi, catu daya harus terus dipasok agar mikroprosesor ATmega328P yang berada dalam keadaan *sleep* saat fase malam dapat *wake up* kembali pada waktu menjelang matahari terbit. Konfigurasi seperti pada Gambar 4(b) dapat digunakan untuk rangkaian interupsi, terlihat bahwa rangkaian interupsi untuk keperluan *wake up* bisa didapatkan dari sensor cahaya yang digunakan pada *data logger* dengan tujuan tidak menambah jumlah komponen, semakin sedikit komponen yang digunakan pada suatu sistem maka semakin sedikit pula energi yang terdisipasi [9]. Dengan konfigurasi tersebut, pin interupsi akan mendapatkan perubahan logika dari HIGH menjadi logika LOW yang terjadi saat matahari terbit, perubahan logika tersebut kemudian digunakan untuk membangunkan *data logger* dari kondisi *sleep*. karena pembacaan digital sensor menjadi terbalik (rendah ketika matahari terbit dan tinggi ketika matahari terbenam), maka koreksi pembacaan nilai digital perlu ditambahkan pada algoritma pemrograman.

Catu daya bisa didapatkan dari jala-jala maupun media penyimpanan energi. Dalam penelitian ini baterai digunakan sebagai sumber catu daya dan pengecasan dapat dilakukan setiap adanya matahari dengan menggunakan modul surya, namun demikian penelitian ini tidak membahas secara mendalam mengenai peralatan pendukung catu daya yang digunakan (misal, rangkaian pengecasan baterai dan panel surya).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran Konsumsi Energi

Jumlah energi yang dikonsumsi oleh *data logger* secara matematis dapat dihitung dengan mengintegrasikan persamaan kurva energi yang didapatkan seperti



Gambar 4. Rangkaian pelengkap (a) sakelar daya menggunakan MOSFET (b) sensor cahaya dan interupsi

Persamaan (1), namun karena persamaan kurva tersebut dianggap tidak mudah untuk ditemukan maka dapat digunakan bentuk diskrit seperti Persamaan (2).

$$Energi = \int_n^M P \cdot dt, \quad (1)$$

$$Energi(Wh) = \sum_n^M P_n \cdot \Delta t_n \quad (2)$$

P_n adalah daya (W) yang diukur dan Δt_n adalah waktu *sampling*, M dan n adalah banyaknya jumlah data yang dimiliki [10].

Konsumsi energi *data logger* dapat diketahui dengan mengukur besaran arus dan tegangan yang diberikan oleh catu daya, dalam penelitian ini arus dan tegangan tersebut dibaca dengan memanfaatkan sensor arus sederhana menggunakan resistor terpasang seri serta rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor tegangan. Gambar 5 merupakan hasil pengukuran konsumsi energi *data logger* selama satu menit, pengukuran dilakukan dua kali yakni ketika sensor diberikan catu daya dan ketika sensor tidak diberikan catu daya. Dari kedua hasil pengukuran tersebut terlihat adanya pengurangan pemakaian daya berkisar 10 - 24 mW.

Pengukuran juga dilakukan untuk melihat pola konsumsi energi pada *data logger* yang menggunakan *development board* seperti terlihat pada Gambar 5(a), dan yang sudah memanfaatkan *board* sistem minimum seperti pada Gambar 5(b). Ketika *development board* digunakan konsumsi energi menjadi jauh lebih besar dan cenderung tidak stabil, hal ini disebabkan karena *development board* memiliki komponen pendukung yang lebih banyak sehingga konsumsi energi turut menjadi lebih tinggi. Jumlah LED indikator yang relatif lebih banyak (untuk *transmit*, *receive*, indikator catu daya, dll) dan terus berkedip dapat mengakibatkan konsumsi energi yang berfluktuatif. Pola konsumsi energi yang lebih stabil dan lebih rendah bisa didapatkan apabila sistem minimum digunakan pada *data logger* seperti terlihat pada Gambar 5(b).

Sesuai strategi yang telah dibahas pada bagian II, *data logger* pada penelitian ini menggunakan *sleep-mode*. Gambar 6 merupakan pola perubahan konsumsi energi *data logger* dari kondisi normal (*wake up*) menuju kondisi *sleep-mode*. Ketika kondisi normal RTC, modul memori, dan sensor-sensor diberikan catu daya melalui sakelar MOSFET, ketika memasuki *sleep-mode* catu daya untuk peralatan tersebut (kecuali sensor cahaya) dimatikan oleh MOSFET. Perubahan kondisi tersebut turut memberikan perubahan konsumsi energi yang signifikan yakni dari 180 mW turun menjadi 60 mW.

Jika pengukuran pada Gambar 5 dilakukan secara parsial (per bagian secara terpisah-pisah) maka Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran pada *data logger* yang dirangkai secara penuh sesuai konfigurasi Gambar 7. Relatif lebih tingginya konsumsi energi yang terukur pada Gambar 6 dibandingkan pada Gambar 5 diakibatkan

karena adanya disipasi daya pada pemakaian komponen pelengkap seperti sakelar daya sesuai dengan Gambar 4(a). Secara terperinci konsumsi energi *data logger* telah dijabarkan pada Tabel 1, apabila Gambar 5 menunjukkan konsumsi energi selama satu menit maka kebutuhan energi selama 24 jam, bahkan untuk satu tahun, dapat diestimasi.

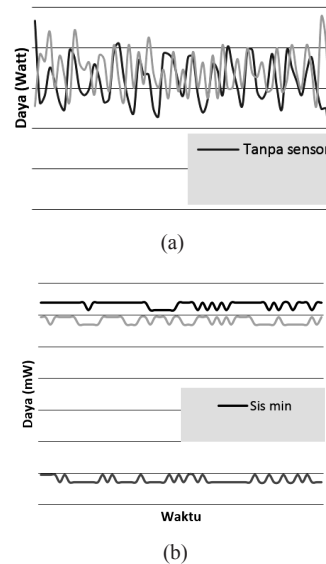
1. Menggunakan *development board*

Dengan menggunakan (3), apabila Δt_n adalah 1/3600 jam (data energi direkam tiap 1 detik) maka energi yang dibutuhkan setiap menitnya adalah 5,72 mWh atau 8,23 Wh untuk pemakaian 24 jam.

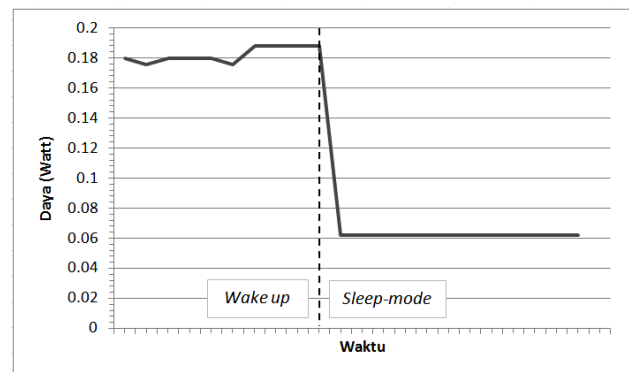
$$Energi(Wh) = \sum_0^{59} P_n \cdot 1 / 3600 \quad (3)$$

2. Menggunakan sistem minimum

Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama seperti sebelumnya, apabila digunakan sistem minimum maka dibutuhkan energi sebesar 4,32 Wh untuk pemakaian 24 jam. Jika selama malam hari *sleep-mode* diaktifkan maka dibutuhkan energi sebesar 2,88 Wh untuk pemakaian selama 24 jam.



Gambar 5. Hasil pengukuran konsumsi energi *data logger* (a) menggunakan *development board* (b) menggunakan sistem minimum



Gambar 6. Perubahan konsumsi energi *data logger* dari kondisi normal (*wake up*) ke kondisi *sleep-mode*

Tabel 1. Konsumsi energi listrik pada data logger

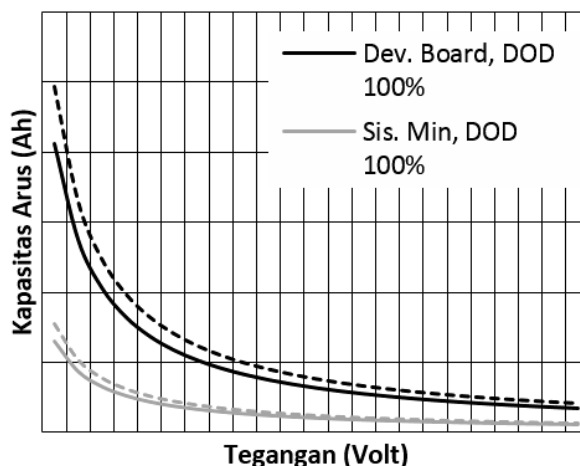
Status	Komponen				Daya (mW)	Energi 12 jam (mWh)
	Sensor	RTC	Memori eksternal	Mikro-prosesor		
Normal (development board)	√	√	√	√	340	4116
Normal (sistem minimum)	-	√	√	√	320	3840
Sleep-mode (sistem minimum)	√	√	√	√	180	2160
Sleep-mode (sistem minimum)	-	-	-	√	18	216
Sleep-mode (sistem minimum)	√	√	√	√	60	720

$$Energi(Wh) = \sum_{0}^{47} P_{sleep} \cdot 1/3600 + \sum_{0}^{12} P_{normal} \cdot 1/3600 \quad (4)$$

Reduksi konsumsi energi masih dapat dilakukan apabila diterapkannya metode *sleep-mode* pada fase siang sesuai Gambar 2(b). Jika *data logger* diset untuk melakukan *sampling* intensitas matahari dan temperatur udara tiap 10 detik dan bangun dari *sleep-mode* 2 detik sebelumnya sepanjang fase siang, maka konsumsi energi selama siklus siang dapat dihitung berdasarkan (4). Dengan metode penghematan tersebut maka diperlukan energi sebesar 1,87 mWh selama siklus siang atau 2,59 Wh untuk 24 jam.

B. Perhitungan Parameter Baterai

Penentuan kapasitas baterai dapat dilakukan berdasarkan besar konsumsi energi *data logger* yang telah

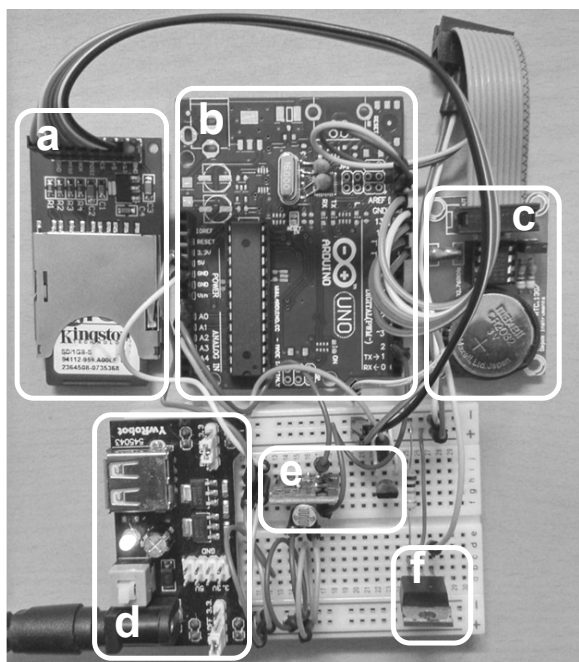


Gambar 8. Pemilihan baterai data logger yang berkesesuaian berdasarkan tegangan kerja

diukur dan dihitung pada bagian sebelumnya. Apabila energi pengecasan dari modul surya tidak dipertimbangkan maka untuk mendukung kebutuhan energi *data logger* dapat dipilih beberapa jenis baterai berdasarkan tegangan kerjanya seperti terlihat pada Gambar 8.

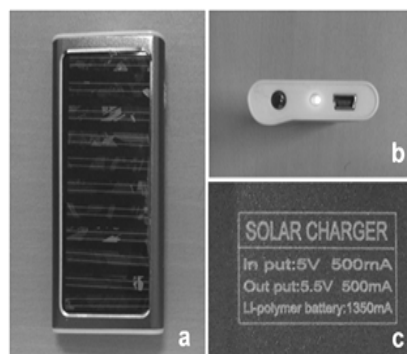
Dalam pemilihan baterai perlu diperhatikan parameter *Depth of Discharge* (DOD) yang menyatakan seberapa besar kapasitas baterai dapat dikosongkan selama proses *discharge* [11]. DOD 100% dapat mengakibatkan pendeknya *lifetime* baterai, jika digunakan baterai berjenis NiMH atau Li-Ion maka direkomendasikan untuk menggunakan DOD 80% [12]. Gambar 8 juga menunjukkan pemilihan kapasitas baterai berdasarkan tegangan kerja jika digunakan DOD 100% dan 80%.

Pada penelitian ini digunakan *power bank* dengan jenis baterai Li-polymer yang telah terintegrasi dengan modul surya seperti terlihat pada Gambar 9. Spesifikasi baterai adalah 1350 mAh dengan tegangan keluaran 5,5V. Jika DOD yang digunakan 80%, maka daya tahan baterai untuk tiap kasus *data logger* tanpa memperhitungkan energi pengecasan oleh modul surya dapat dilihat sesuai Gambar 10. Kasus dimana *data logger* menggunakan sistem minimum dan *sleep-mode* pada fase siang maupun



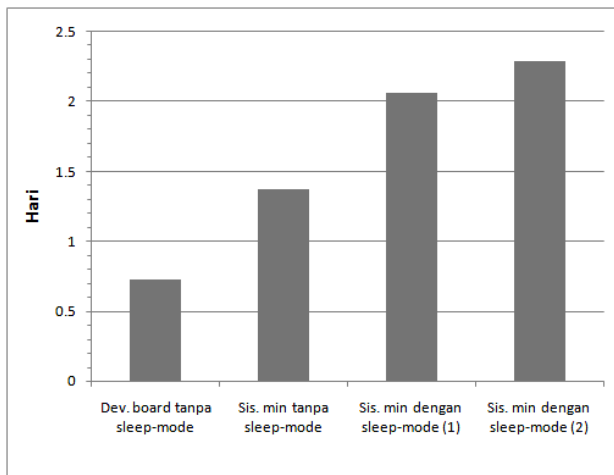
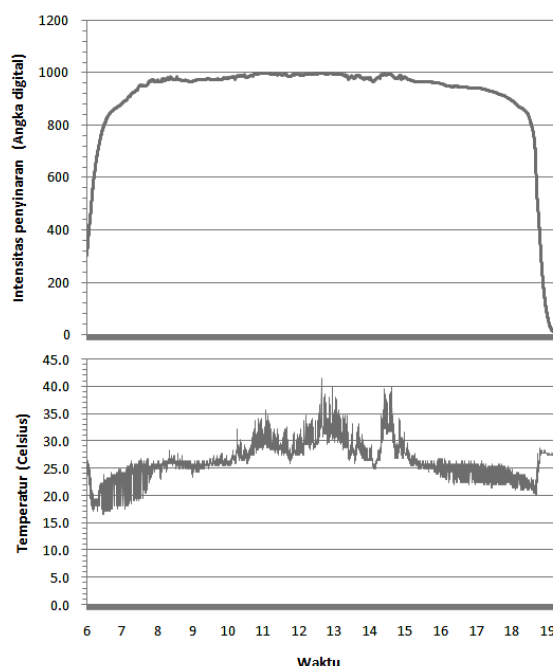
Ket:
a) slot memori, b) sistem minimum ATmega328P, c) RTC, (d) catu daya, e) sensor-sensor, f) sakelar daya

Gambar 7. Rangkaian eksperimen data logger



Ket:
a) Baterai terintegrasi modul surya, b) tampak samping, c) spesifikasi teknis

Gambar 9. Catu daya yang telah terintegrasi modul surya untuk mensuplai energi listrik *data logger*

Gambar 10. Daya tahan baterai pada empat kasus *data logger*Gambar 11. Data pengukuran intensitas penyinaran matahari dan temperatur oleh *data logger*

malam hari dapat memberikan daya tahan baterai paling lama yakni hingga 2 hari 7 jam. Hasil pembacaan intensitas matahari dan temperatur oleh *data logger* yang digunakan terlihat sesuai Gambar 11, data tersebut diambil pada lokasi terbuka di kota Banda Aceh.

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini dihasilkan *data logger* hemat energi untuk mengukur parameter sinar matahari yang sampai pada permukaan bumi. Temperatur udara akibat pemanasan sinar matahari diukur menggunakan sensor temperatur LM35 dan intensitas sinar matahari dalam spektrum sinar tampak diukur menggunakan LDR. Dengan menggunakan variabel waktu dari modul *real time clock*, tiap sepuluh detik data direkam ke dalam memori eksternal.

Untuk mengurangi pemakaian energi, *data logger* diprogram untuk bekerja siang hari dan memasuki *sleep mode* ketika malam hari, selain itu strategi pengendalian daya untuk perangkat tambahan juga diatur agar tidak difungsikan ketika *sleep-mode* dalam kondisi aktif. Selama berlangsungnya proses pembacaan oleh sensor dan penulisan pada memori, konsumsi energi listrik *data logger* juga terus direkam tiap satu detik. Dengan mengetahui konsumsi selama satu menit maka energi yang digunakan *data logger* untuk bekerja selama 24 jam dapat diprediksi.

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengukuran, dibutuhkan energi sebesar 8,23 Wh untuk menghidupkan *data logger* selama 24 jam. Apabila digunakan teknik reduksi energi seperti yang diusulkan pada penelitian ini, maka konsumsi energi dapat berkurang menjadi 2,59 Wh atau turun sebesar 68,5%.

REFERENSI

- [1] G. A. Hansson, P. Asterland, and M. Kellerman. "Modular *data logger* system for physical workload measurements." *Ergonomics* vol. 46, no. 4, pp. 407-415, 2003.
- [2] National Instrument (View Des. 2013). What is Data Logging? [Online]. Available: http://www.ni.com/data_logger/whatis.htm.
- [3] B. Nkom and H. Musa, "Development of a Novel Microcontroller-based *data logger*," *Adaptive Science & Technology*, 2009. ICAST 2009. 2nd International Conference on Low Power Electronics and Design, vol., no., pp.314,324, 14-16 Jan. 2009.
- [4] W. L. Bircher, M. Valluri, J. Law, and L. K. John, "Runtime identification of microprocessor energy saving opportunities," 2005. *Proceedings of the 2005 International Symposium on*, vol., no., pp.275,280, 8-10 Aug. 2005.
- [5] S. S. Panahi, Ventosa, J. Cadena, A. Manuel-Lazaro, A. Bermudez, V. Sallares, and J. Piera, "A Low-Power Datalogger Based on CompactFlash Memory for Ocean Bottom Seismometers," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol.57, no.10, pp.2297,2303, Oct. 2008.
- [6] Konservasi Energi Dalam Penyediaan Energi Nasional (View Des. 2013). [Online]. Available: http://ugm.ac.id/en/berita/1057-konservasi_energi.dalam.penyediaan.energi.nasional
- [7] Atmel. (View Des. 2013). ATmega328p Datasheet. [online]. Available: www.atmel.com/Images/doc8161.pdf.
- [8] N. Gammon, (View Des. 2013). Power saving techniques for microprocessors. [online]. Available: <http://gammon.com.au/power>.
- [9] L. K. Chiu and P. Kavanagh, "Designing a clock cleaner with an on-demand digital sigma-delta modulator," *IEEE Global Conference on Signal and Information Processing*, vol., no., pp.671,674, 3-5 Dec. 2013.
- [10] M Ikhsan, A Purwadi, N Hariyanto, N Heryana, and Y Haroen, "Study of Renewable Energy Sources Capacity and Loading Using *Data Logger* for Sizing of Solar-wind Hybrid Power System." *Procedia Technology* 11, pp.1048-1053, 2013.
- [11] Guena, T.; Leblanc, P., "How Depth of Discharge Affects the Cycle Life of Lithium-Metal-Polymer Batteries," *Telecommunications Energy Conference*, 2006. INTELEC '06. 28th Annual International, vol., no., pp.1-8, Sept. 2006.
- [12] Battery World. (View Des. 2013). Battery Care and Maintenance. [Online]. Available: http://www.batteryworld.com.au/sites/default/files/technical_sheets/BAT_028_Battery_Care.pdf.